



УДК 62.161

РАЗРАБОТКА СТЕНДА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ МОЩНОСТЬЮ 30 КВт

DESIGNING THE SETUP FOR TESTING OF A 30 KW STEAM TURBINE

Жуков Алексей Владимирович, аспирант каф. «Атомные станции и возобновляемые источники энергии», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: ale772009@yandex.ru, Тел.: +7(922)035-03-65

Никитин Александр Дмитриевич, аспирант каф. «Тепловые электрические станции», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: nikitin.a.d@yandex.ru. Тел.: +7(912)215-75-67

Матвеев Андрей Валентинович, канд. техн. наук, доц. каф. «Атомные станции и возобновляемые источники энергии», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: matandr@inbox.ru. Тел.: +7(922)203-05-25

Лях Лев Евгеньевич, студент каф. «Атомные станции и возобновляемые источники энергии», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: l-lyakh@bk.ru, Тел.: +79126458062

Alexey V. Zhukov, post-graduate student, Department "Nuclear Power Plants and Renewable Energy Sources", Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Russia, Ekaterinburg, Mira, 19. E-mail: ale772009@yandex.ru, Tel.: +7 (922) 035-03-65

Alexander D. Nikitin, post-graduate student, Department "Thermal power plants", Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Russia, Ekaterinburg, Mira, 19. E-mail: nikitin.a.d@yandex.ru. Tel.: +7 (912) 215-75-67

Andrey V. Matveyev, PhD, Assoc. Prof., Department "Nuclear Power Plants and Renewable Energy Sources", Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Russia, Ekaterinburg, Mira, 19. E-mail: matandr@inbox.ru. Tel.: +7 (922) 203-05-25

Lev E. Lyakh, student, Department "Nuclear Power Plants and Renewable Energy Sources", Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Russia, Ekaterinburg, Mira, 19. E-mail: l-lyakh@bk.ru, Tel.: +79126458062

Аннотация. С целью исследования паровой турбины малой мощности с нестандартной конструкцией собран экспериментальный стенд. Основными задачами при испытаниях является определение эффективности турбины и получение зависимости мощности турбины от расхода пара в установившихся режимах. Приведена схема стенда и характеристики оборудования. Описана методика проведения испытаний. Основываясь на полученных результатах, будет сделан вывод о готовности турбины к серийному производству.

Abstract. In order to investigate a low power steam turbine with a non-standard design, an experimental stand was assembled. The main tasks in the tests are to determine the turbine efficiency and obtain the turbine power dependence on the steam consumption in steady-state conditions. The stand scheme and the equipment characteristics are given. The testing technique is described. Based on obtained results, will be conclusion made about the turbine's preparedness for mass production.

Ключевые слова: паровая турбина; турбина малой мощности; испытание паровой турбины; турбогенератор.

Key words: steam turbine; turbine of low power; testing of a steam turbine; turbogenerator.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время на паровых котельных и ТЭЦ широко применяется электропривод для механизмов собственных нужд (насосы,

дымососы, и др.). Вместе с этим получение пара с требуемыми параметрами происходит путем дросселирования, без получения полезного эффекта. Для увеличения надежности и эффективности целесообразно использовать

паровые турбины малой мощности (от 10 кВт до 3 МВт) в качестве привода механизмов собственных нужд или вместо дроссельных устройств. Однако на сегодняшний день число моделей турбин малой мощности и их производителей очень мало, стоимость таких турбин является относительно высокой, а обслуживание – сложным. Для широкого внедрения паровая турбина малой мощности должна быть простой в обслуживании, иметь высокую эффективность и большой диапазон регулирования, допускать значительные отклонения от номинальных режимов работы. При этом стоимость такой турбины должна быть конкурентоспособной по отношению к электроприводу.

Конструкторами предприятия ООО "Электротехнический альянс" была разработана и изготовлена паровая турбина, особенностями которой являются повышенный внутренний КПД (в 1,2-1,3 раза по отношению к аналогам), значительная компактность (до 3 раз) и простота конструкции. Простота и надежность обеспечивается отсутствием системы маслоснабжения, отсутствием редуктора между турбиной и приводимым механизмом, высоким ресурсом работы (до 40 лет) [1].

Турбины данного типа могут применяться в приводах насосов, вентиляторов дымососов вместо электропривода, а также электрогенераторов для собственного производства электроэнергии (мини-ТЭЦ). Отрабатывший в турбине пар используется для технологических нужд и теплоснабжения.

Ближайшие существующие российские аналоги данной турбины при тех же номинальных мощностях имеют большие температуры пара (в 1,5-2 раза), большие массо-габаритные параметры (в 2-3 раза), работают с редукторами и требуют систему маслоснабжения [2], [3]. Зарубежные производители, например, Siemens, Parsons также предполагают наличие редукторов и системы смазки, рассчитаны на высокие температуры и давления пара [4].

Стоит отметить, что в области малых номинальных мощностей (менее 200 кВт) паровые турбины практически не изготавливаются и не представлены в мире. Малая распределенная энергетика и некоторые типы энергетических производств нуждаются в таких разработках.

В данной работе исследуется пилотный образец паровой турбины с нестандартной конструкцией мощностью 30 кВт.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Для подтверждения расчётных проектных характеристик и заявленной надёжности турбины на базе УрФУ был собран испытательный стенд (рис.1).

Планируется проведение исследовательских испытаний головного образца турбоэлектрогенераторной установки ТЭГУ-30-50-1,3/0,2, отладка режимов работы, получение данных для составления нормативных энергетических характеристик турбоэлектрогенераторной установки. По результатам проведённых испытаний должны быть дано заключение о готовности турбоэлектрогенераторной установки ТЭГУ-30-50-1,3/0,2 к промышленной эксплуатации. В результате выполнения работ должны быть получены следующие основные характеристики турбоэлектрогенераторной установки:

- Зависимость мощности турбоэлектрогенераторной установки от расхода пара при расчётных номинальных параметрах пара в установившихся режимах;
- Динамика переходных режимов;
- Коэффициент полезного действия турбоэлектрогенераторной установки при различных установившихся режимах работы;
- Пределы мощности турбоэлектрогенераторной установки;
- Уровень вибрации турбоэлектрогенераторной установки;
- Распределение температур на корпусах турбины и генератора.

ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА

Схема стенда изображена на рис. 2. Стенд включает в себя:

- паровую турбину модели P/R-380 типа ПТМ-30-50-1,3/0,2 разработки ООО «Электротехнический альянс»;
- синхронный электрогенератор типа БГ-30-20М4 производства ООО «Баранчинский электромеханический завод имени Калинина»;
- электрическую нагрузку общей мощностью 30 кВт в виде двух тепловых пушек по 15 кВт каждая с поступенчатым переключением мощности 5...30 кВт;
- систему защитной автоматики с обратным соленоидным клапаном;
- измерительную систему: счетчик трёхфазный электрический Меркурий-230, вольтметр, частотомер, тахометр, приборы для контроля температуры, давления, вибрации;
- систему электрической защиты.



Рис. 1. Общий вид собранного стенда

Турбоустановка представляет собой одновалный одноцилиндровый агрегат со встроенным подшипником, блоком клапана промежуточного регулирования перед 3D-муфтой сцепления с валом соответствующего механизма или электрогенератора. Турбоустановка имеет собственную установочную раму. В паровой турбине расположено 24 ступени давления. Свежий пар после главной паровой задвижки (ГПЗ) поступает через патрубок паровпуска в сопловый аппарат. Расход пара регулируется

блоком клапана промежуточного регулирования, установленным перед 15-й. Отрабатывший в турбине пар через выхлопной патрубок направляется на теплоснабжение.

Характеристики турбоустановки по данным [6] приведены в таблице 1.

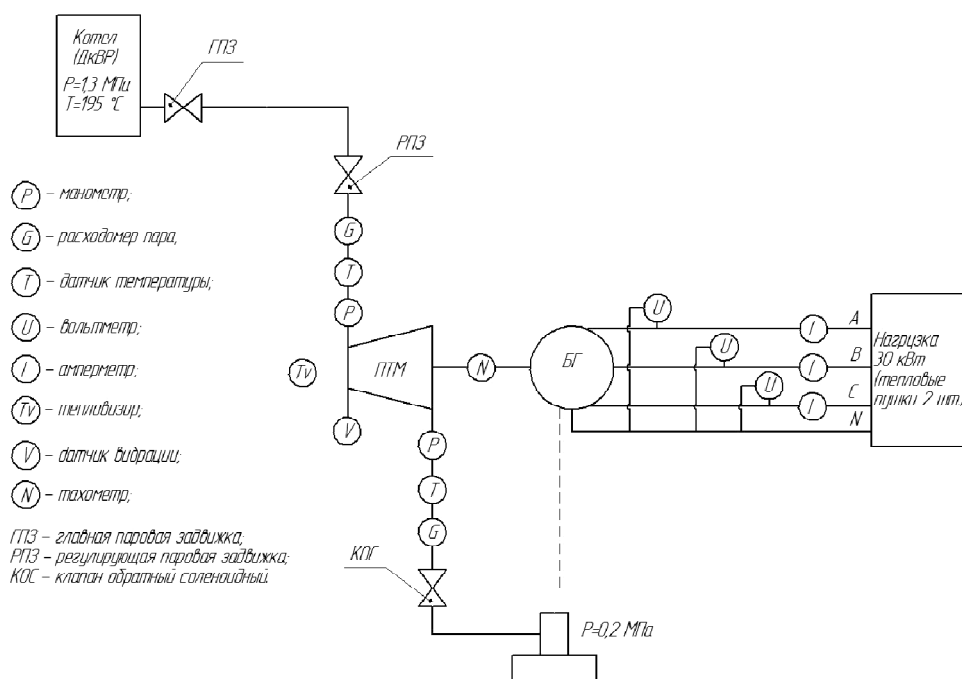


Рис. 2. Принципиальная схема стенда для испытания турбогенератора ТЭГУ-30-50-1,3/0,2

Таблица 1.

Основные характеристики турбоустановки

Номинальная мощность	30 кВт
Скорость вращения вала	3000 об./мин.
Давление свежего пара	1,3 МПа
Температура свежего пара	195 °С
Давление отработавшего пара (противодавление)	0,2 МПа
Температура отработавшего пара (на номинальном режиме)	120 °С
Расход свежего пара	0,6 т/ч (0,17 кг/с)
Частота на клеммах генератора	50 Гц
Напряжение	380 В
Количество фаз	3
cosφ	0,8

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

Проведение исследовательских испытаний осуществляется согласно перечню нормативных документов и методическим указаниям по испытаниям паровых турбин [7,8].

Основные этапы испытаний:

1. Пуск турбоустановки;
2. Выход на режим холостого хода с удержанием частоты 50 Гц;
3. Подключение первой ступени нагрузки;
4. Ступенчатое нагружение турбоустановки увеличением мощности тепловых пушек с выдержкой для стабилизации и фиксации параметров;
5. Выход на максимальную мощность со стабилизацией и фиксацией параметров;
6. Ступенчатое разгружение турбоустановки;
7. Выход на холостой ход и останов турбоустановки с определением времени «выбега» ротора.

Продолжительность опыта определяется скоростью стабилизации параметров и временем на фиксацию измеряемых параметров (которое составляет 30 минут). Электрическая нагрузка при испытаниях приведена в таблице 2.

Таблица 2.

Электрическая нагрузка при испытаниях

Электрическая нагрузка, кВт.	xx	5	10	15	20	25	30
Количество опытов, шт.	1	1	1	1	1	1	1

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для испытаний пилотного образца паровой турбины мощностью 30 кВт собран экспериментальный стенд. В результате испытаний должны быть получены основные характеристики турбоэлектродвигательной установки.

По полученным данным будет установлена целесообразность серийного производства данных установок, дальнейшие пути оптимизации конструкции и рассмотрена возможность включения в план мероприятий Правительства Свердловской области по решению проблем удалённой малой энергетики и созданию благоприятных условий для использования возобновляемых древесных источников для производства тепловой и электрической энергии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Каталог продукции ООО «Электротехнический альянс» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.elta-e.ru/pns/>, свободный (дата обращения 23.04.2017);
2. Техническое описание паротурбогенераторов ПАО «Пролетарский завод» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.proletarsky.ru/product_catalog/65/193/, свободный (дата обращения 23.04.2017);
3. Паровые турбины малой и средней мощности ОАО «Калужский турбинный завод» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://oaoktz.ru/products/steam_turbines/Default.aspx?section_id=232&element_id=15163, (дата обращения 23.04.2017);
4. Паровые турбины малой и средней мощности ОАО «Калужский турбинный завод» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://oaoktz.ru/products/steam_turbines/Default.aspx?section_id=232&element_id=15163, (дата обращения 23.04.2017);
5. Технические характеристики паровой турбины SST-040 «Siemens» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.energy.siemens.com/ru/ru/fossil-power-generation/steam-turbines/sst-040.htm>, (дата обращения 23.04.2017);
6. ТР0100/1-2015 «Турбина паровая. Модель P/R-380. Тип ПТМ-30-50-1,3/0,2. Технический регламент на головной образец».
7. СО 34.30.740 (МУ 34-70-093-84) «Методические указания по тепловым испытаниям паровых турбин». СПО «Союзтехэнерго»; М, 1986 г.;
8. РД 153-34.0-03.301-00 Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий.